

51

Int. Cl. 2.

H 02 G 9/06

19

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Behördenbesitz

DE 27 10 620 A 1

11

Offenlegungsschrift

27 10 620

21

Aktenzeichen:

P 27 10 620.3-34

22

Anmeldetag:

11. 3. 77

43

Offenlegungstag:

14. 9. 78

20

Unionspriorität:

27 29 31

54

Bezeichnung:

Schutzeinrichtung

71

Anmelder:

Brown, Boveri & Cie AG, 6800 Mannheim

72

Erfinder:

Siewerth, Gerhard, Dipl.-Phys., 6720 Speyer;
Kronauer, Peter, Dipl.-Phys. Dr., 6941 Laudendach; Holtschmit, Heinz,
6800 Mannheim

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DE 27 10 620 A 1

DEUTSCHE PATENT-ANWÄLTE

8. 78 809 837/388

8/60

BEST AVAILABLE COPY

BROWN, BOVERI & CIE · AKTIENGESELLSCHAFT
MANNHEIM



Mp.-Nr. 528/77

Mannheim, den 8. März 1977
ZFE/P1-Kr/Bt

Patentansprüche

1. Schutzeinrichtung für im Erdreich zu verlegende Schwachstromkabel, gekennzeichnet durch einen Käfig (1) aus ferromagnetischem Material zur Aufnahme von Kabeln (14), wobei der Käfig (1) allseitig von einem Korrosionsschutz (8) umgeben ist.
2. Schutzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Käfig (1) eine U-Form hat, die an den Enden offen ist.
3. Schutzeinrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß Netze (3) aus ferromagnetischem Material die U-Form und die flächenhafte Abdeckung (4) des Käfigs (1) bilden, und daß die Einzelstäbe (5) der Netze (3) an den Kreuzungspunkten (6) elektrisch leitend miteinander verbunden sind.
4. Schutzeinrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelstäbe (5) an der Verbindungsstelle (7) zweier Netze (3) in Längsrichtung elektrisch leitend miteinander verbunden oder gegeneinander isoliert sind.
5. Schutzeinrichtung nach den vorangegangenen Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Netze (3) mit Bitumen beschichtet sind.

6. Schutzeinrichtung nach den Ansprüchen 1, 2, 3, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Seitenflächen (10 und 11) des Käfigs (1) verlängert und zu einer Abdeckung (4) gebogen sind.
7. Schutzeinrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Käfigmaterial eine relative Permeabilität aufweist, die größer als 1 ist.
8. Schutzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des ersten U-förmigen Käfigs (1) ein zweiter U-förmiger Käfig (101) angeordnet ist, daß die beiden Käfige (1, 101) mit Abdeckungen (4 und 104) versehen sind, daß der Käfig (101) mit einer isolierenden Korrosionsschutzschicht umgeben ist, und daß der äußere Käfig (1) elektrisch leitend durchverbunden ist und von einer leitenden Korrosionsschutzschicht umgeben ist.

809837/0388

BROWN, BOVERI & CIE · AKTIENGESELLSCHAFT
MANNHEIM



Mp.-Nr. 528/77

Mannheim, den 8. März 1977
ZFE/P1-Kr/Bt

Schutzeinrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schutzeinrichtung für im Erdreich zu verlegende Schwachstromkabel.

Solche Schutzeinrichtungen kommen zum Einsatz, wenn es darum geht, die ins Erdreich zu verlegenden leittechnischen Kabel oder Fernmeldekabel vor einem großen Magnetfeld bzw. einer starken Induktion zu schützen.

Derartige Magnetfelder bilden sich senkrecht zur Längsrichtung von Starkstromkabeln aus, wenn diese extremen Strombelastungen ausgesetzt sind. Sind die Starkstromkabel parallel zu den Schwachstromkabeln oder Fernmeldekabeln in geringem Abstand verlegt, so geraten diese in den Einflußbereich der Magnetfelder. Eine extreme Strombelastung der Starkstromkabel tritt beispielsweise bei Blitzeinschlägen als Folge von starken örtlichen Potentialanhebungen auf. Die daraus resultierende Induktion führt in der Praxis zu einer hohen Belastung des Kabelschirms der leittechnischen Kabel oder Fernmeldekabel. Es ist daher üblich, diesen Kabeln ein oder mehrere Beiseile zuzuordnen, die an ihren Enden geerdet sind. Diese Bauseile reduzieren die Induktion am Ort der Schwachstromkabel.

809837/0388

4 - 2 -

2710620

In Kraftwerken und ausgedehnten Industrieanlagen ist diese Maßnahme nur von begrenztem Wert, da sich im Erdreich ein ausgedehntes, engmaschiges Erdungsnetz befindet, dessen Impedanz sehr klein ist. Die Abschirmwirkung von Beiseilen gegenüber Magnetfeldern ist klein, da sie im allgemeinen aus Kupfer gefertigt sind und daher ihre relative Permeabilität $\mu = 1$ ist. Auch bei Ausgleichsströmen zwischen zwei Gebäuden ist die Wirkung von Beiseilen von der Impedanz des Erdungsnetzes im Erdreich abhängig.

Desweiteren ist auch bekannt, zum Schutz der Schwachstromkabel vor starken Induktionen diese mit verstärkten Kabelschirmen zu versehen, die an beiden Endpunkten geerdet sind. Es hat sich jedoch gezeigt, daß bei beidseitig geerdeten, verstärkten Kabelschirmen die Stromtragefähigkeit des Kabelschirmes trotzdem begrenzt und eine Zerstörung nicht ausgeschlossen ist. Des weiteren hat die Praxis gezeigt, daß bei lediglich einseitig geerdeten Kabelschirmen eine Verstärkung des Kabelschirmes unwirksam ist.

In einzelnen Fällen wurde auch dazu übergegangen, die Kabel in leitfähigen Rohren, die beidseitig geerdet sind, zu verlegen. Das Verlegen der Kabel in solchen Rohren ist sehr kostspielig und daher für Großanlagen nicht praktikabel.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schutzeinrichtung zu schaffen, die Induktionen von im Erdreich verlegten Schwachstromkabeln fernhält. Die Schutzeinrichtung soll so beschaffen sein, daß sie auch für eine Vielzahl von Kabeln gleichzeitig Schutz bieten kann.

- 3 -

809837/0388

Die vorstehende Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch einen Käfig aus ferromagnetischem Material zur Aufnahme von Kabeln, wobei der Käfig allseitig von einem Korrosionsschutz umgeben ist.

In vorteilhafter Weise hat der Käfig eine U-Form. Beim Verlegen können die Kabel einfach und schnell darin untergebracht werden. Die Mantelflächen und Abdeckungen des Käfigs werden durch Netze aus ferromagnetischem Material gebildet. Jedes einzelne Netz wird zu einem U-förmigen Käfig gebogen. Anschließend werden die U-förmigen Käfige in herkömmlicher Weise aneinander gereiht. Die Einzelstäbe der Netze sind an den Kreuzungspunkten gut elektrisch leitend miteinander verbunden. An den Verbindungsstellen zweier Netze sind die Einzelstäbe entweder elektrisch leitend miteinander verbunden oder gegeneinander isoliert. Zusätzlich ist jeder Einzelstab eines Netzes rundum mit einem Korrosionsschutz, beispielsweise aus Bitumen, Kunststoff, Mennige, Beton oder Blei umgeben. Der Käfig ist über seine gesamte Länge mittels flächenhaften Netzen aus ferromagnetischem Material abgedeckt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Seitenflächen des Käfigs zu verlängern und nach innen zu biegen, so daß eine Abdeckung entsteht. In vorteilhafter Weise weist der Käfig einen Materialfüllfaktor auf, der kleiner als 1 ist. Das Käfigmaterial muß immer so gewählt sein, daß seine relative Permeabilität μ größer 1 ist. Bei sehr großen Störfeldern ist es von Vorteil, einen Doppelkäfig aus ferromagnetischem Material zu benutzen. Dabei ist der innere Käfig mit einer isolierenden Korrosionsschutzschicht umgeben. Der äußere Käfig kann elektrisch leitend durchverbunden sein und eine leitende Korrosionsschutzschicht erhalten.

6 - 4 -

2710620

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen U-förmigen Käfig mit flächenhaften Netzen als Abdeckung,
- Fig. 2 einen Einzelstab des Netzes,
- Fig. 3 einen Querschnitt durch den in Figur 1 gezeigten Käfig mit im Inneren angeordneten Kabeln,
- Fig. 4 einen U-förmigen Käfig, dessen Seitenflächen verlängert und nach innen gebogen sind,
- Fig. 5 den Verlauf des Magnetfeldes um einen Käfig,
- Fig. 6 zwei ineinander angeordnete Käfige,
- Fig. 7 einen Kabelzugstein,
- Fig. 8 eine Variante des in Figur 7 gezeigten Kabelzugsteines,
- Fig. 9 ein Kabelzugrohr aus Kunststoff.

Figur 1 zeigt einen als Schutzeinrichtung dienenden Käfig 1. Er hat eine U-Form. Seine Mantelflächen 2 werden von Netzen 3 aus ferromagnetischem Material gebildet. Seine Abdeckungen 4 sind flächenhafte Netze oder netzartige Platten aus ferromagnetischem Material. Bei den Netzen 3 handelt es sich beispielsweise um Baustahlgewebematten, Steckmetall, Lochblech aus ferromagnetischem Material. Die Maschenweite der Netze 3 muß beim Verlegen der Kabel den jeweiligen örtlichen Verhältnissen angepaßt werden. Die Einzelstäbe 5 der Netze 3 sind an ihren Kreuzungspunkten 6 gut elektrisch leitend miteinander verbunden. An der Verbindungsstelle 7 zweier Netze 3 können die Einzelstäbe 5 der beiden Netze entweder vollständig oder teilweise gut elektrisch leitend miteinander verbunden werden oder gegeneinander isoliert sein.

- 5 -

809837/0388

7 - 5 -

2710620

Da das im Erdreich verlegte ferromagnetische Material, wie z.B. Baustahl, chemischen bzw. elektrochemischen Korrosionseinflüssen ausgesetzt ist, muß die Oberfläche des Käfigs 1 geschützt werden. Aus diesem Grunde sind, wie Fig. 2 zeigt, alle Einzelstäbe 5 der Netze 3 vollständig von einer Schutzschicht 8 umgeben. Als Korrosionsschutz kommen beispielsweise Schutzschichten aus Bitumen, Kunststoff, Mennige, Beton und Blei in Frage. Die Kreuzungspunkte 6 der Einzelstäbe 5 sind ebenfalls vollständig von einem solchen Korrosionsschutz 8 umgeben. Die Verbindungsstellen 7 können "erdfühlig" ausgebildet sein, z.B. durch verzinnete Kupferseilverbindungen.

Die Abdeckungen 4 des Käfigs 1 sind, wie bereits erwähnt, flächenhafte Netze oder netzähnliche Platten aus ferromagnetischem Material. Sie sind ebenfalls wie die Netze 3 von einer Schutzschicht 8 umgeben. Die Abdeckungen 4 brauchen lediglich auf den Käfig 1 aufgelegt zu werden. Eine feste Verbindung wie beispielsweise eine Verschweißung der Abdeckungen 4 mit dem Käfig 1 ist nicht erforderlich. Ebenso ist ein enger Kontakt zwischen den Abdeckungen 4 und dem Käfig 1 für die optimale Wirkungsweise der Schutzeinrichtung nicht erforderlich. Die abschirmende Wirkung des Käfigs 1 geht nicht verloren, wenn, wie in Figur 3 gezeigt, zwischen ihm und den Abdeckungen 4 ein Spalt 9 vorhanden ist, der nicht mit ferromagnetischem Material ausgefüllt ist.

Eine ausreichende Abdeckung 4 für den Käfig 1 läßt sich auch dadurch erreichen, daß die Seitenflächen 10 und 11 des Käfigs 1 verlängert und nach innen über den Hohlraum 12 gebogen werden. Wie Figur 4 zeigt, ist es dabei nicht erforderlich, daß sich die beiden Seitenflächen 10 und 11 überlappen. Die abschirmende Wirkung des Käfigs 1 geht nicht verloren, wenn über seine gesamte Länge, zwischen den beiden

- 6 -

809837/0388

8 - 8 -

2710620

als Abdeckung 4 benutzten Seitenflächen 10 und 11, ein nicht mit ferromagnetischem Material ausgefüllter Spalt 13 verbleibt. Durch die Verwendung von ferromagnetischem Material für den Käfig 1 werden die Feldlinien der störenden Magnetfelder darin so konzentriert, daß das Streufeld bei den Spalten 9 und 13 so gering ist, daß der Käfig 1 nicht vollständig geschlossen werden muß.

Die Länge des Käfigs 1 ist so bemessen, daß er vor jedem Gebäude endet, aus dem die Kabel 14 heraus- bzw. hineingeführt sind. Der Käfig 1 ist an diesen Enden offen. Eine leitende Verbindung zwischen den Gebäuden und dem Käfig 1 ist nicht erforderlich und auch nicht wünschenswert. Eine Isolation bringt in vielen Fällen sogar den Vorteil mit sich, daß im ferromagnetischen Material keine Ausgleichsströme in Längsrichtung fließen. Diese Ausgleichsströme könnten dazu führen, daß das Material in die Sättigung gebracht wird, wodurch die relative Permeabilität des Stoffes $\mu = 1$ wäre. Damit würde die ferromagnetische Eigenschaft des Käfigmaterials verloren gehen und der Käfig ^{würde} keine abschirmenden Eigenschaften gegenüber einem äußeren Magnetfeld mehr besitzen.

Beim Verlegen der Kabel 14 wird zuerst der U-förmige Käfig 1 in der dafür vorgesehenen Ausschachtung im Erdreich angeordnet. Anschließend werden die Kabel 14 in den Käfig 1 gelegt und dieser mit den vorgesehenen flächenhaften Netzen geschlossen. Ist dieser Vorgang beendet, so kann die Ausschachtung mit dem darin befindlichen Käfig und den Kabeln mit Erdreich wieder zugeschüttet werden.

Die abschirmende Wirkung des Käfigs 1 gegen äußere Magnetfelder wird in Figur 5 erläuternd dargestellt. Parallel zu dem im Querschnitt dargestellten Käfig 1 sei beispielsweise

- 7 -

809837/0388

9 - 7 -

2710620

ein Erdungsseil 15 verlegt, das hier ebenfalls im Querschnitt dargestellt ist. Sowohl der Käfig 1 als auch das Erdungsseil^{seien} / zwischen zwei Gebäuden im Boden verlegt, zwischen denen auch die Kabel verlegt werden sollen. Im Inneren des Käfigs 1 befinden sich mehrere Kabel 14, die nochmals zusätzlich innerhalb von Kabelschutzrohren 19 angeordnet sein können. Bei Blitzeinschlägen kommt es an den Stellen des Einschlages zu starken Potentialanhebungen gegenüber der übrigen Umgebung. Aufgrund dieser hohen Potentialdifferenz beginnt ein sehr hoher Ausgleichsstrom entlang des Erdungsseiles 15 zu fließen. Dieser Strom erzeugt ein Magnetfeld 16, das sich senkrecht zum Erdungsseil 15 ausbreitet. Wie Figur 5 zeigt, wird durch die abschirmende Wirkung des Käfigs 1 verhindert, daß das Magnetfeld 16 die Kabel 14 senkrecht durchsetzt und auf ihnen einen Strombelag erzeugt. Wie oben bereits erwähnt, werden die Feldlinien des Magnetfeldes 16 im ferromagnetischen Material konzentriert und von den Kabeln 14 ferngehalten. Des weiteren wird anhand von Figur 5 auch nochmals veranschaulicht, daß ein Spalt 9 zwischen dem Käfig 1 und seiner Abdeckung 4 die abschirmende Wirkungsweise der Schutzeinrichtung nicht beeinträchtigt. Die Feldlinien des Magnetfeldes 16 werden im ferromagnetischen Material der Abdeckung 4 so konzentriert, daß der Spalt 9 vollständig abgeschirmt ist.

Sind die Störfelder besonders groß, dann ist ein Mehrfachkäfig, wie in Fig. 6 gezeigt, von Vorteil. Die beiden Käfige 1 und 101 sind sinnvollerweise so gestaltet, wie der in Fig. 4 gezeigte Käfig. 1. Der mit den kleineren äußeren Abmessungen versehene Käfig 101 wird im Inneren des größeren Käfigs 1 angeordnet. Die im Erdreich zu verlegenden Kabel 14 werden im innersten Käfig 101 angeordnet. Die verlängerten Seitenflächen 10 und 11 bzw. 110 und 111 bilden wieder die Abdeckungen 4 bzw. 104 für die Käfige 1 und 101. Dabei kann der äußere Käfig 1 elektrisch leitend durchverbunden sein und eine leitende Korrosionsschutzschicht erhalten. Der innere Käfig 101 wird vorzugsweise mit Bitumen isoliert.

- 8 -

809837/0388

40 - 8 -

2710620

Bei Verwendung von Kabelzugsteinen 17 ist es sinnvoll, den Käfig 1 innerhalb eines Kabelzugsteines 17 anzuordnen. Wird der Käfig 1 innerhalb eines Kabelzugsteines 17 angeordnet, so besteht die Möglichkeit, wie in Figur 7 gezeigt, jede Röhre 18 des Kabelzugsteines 17 mit einem Käfig 1 zu umgeben, oder, wie Fig. 8 zeigt, einen gemeinsamen Käfig 1 für alle Röhren 18 vorzuziehen.

Ein im Inneren eines Kabelzugsteines 17 angeordneter Käfig 1 ist ebenso aufgebaut, wie der in Figur 4 gezeigte Käfig 1. Lediglich seine Größe und Form ist der Größe und Form des Kabelzugsteines 17 angepaßt. Auf einen Korrosionsschutz kann für den innerhalb des Kabelzugsteines 17 angeordneten Käfig verzichtet werden.

Ferner besteht die Möglichkeit, den Käfig 1 auch innerhalb der Mantelfläche eines Isolierrohres 19 anzuordnen. Bei dem in Fig. 9 gezeigten Isolierrohr 19 aus PVC, Polyvinylchlorid, ist der Käfig 1 zu einem Zylinder gebogen und so in die Mantelfläche des Isolierrohres 19 einintegriert, daß er beidseitig von Kunststoff umgeben ist. Der Käfig 1 wird auch in diesem Fall von Netzen aus ferromagnetischem Material gebildet.

Die Form des Käfigs 1 ist nicht an die hier beschriebenen Varianten gebunden. Sie kann bei Bedarf verändert und den baulichen Gegebenheiten angepaßt werden. Das gleiche gilt auch für die Größe des Käfigs.

809837/0388

-44-
Leerseite

2710620

-15-

Nummer:
Int. Cl.2:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

27 10 620
H 02 G 9/06
11. März 1977
14. September 1978

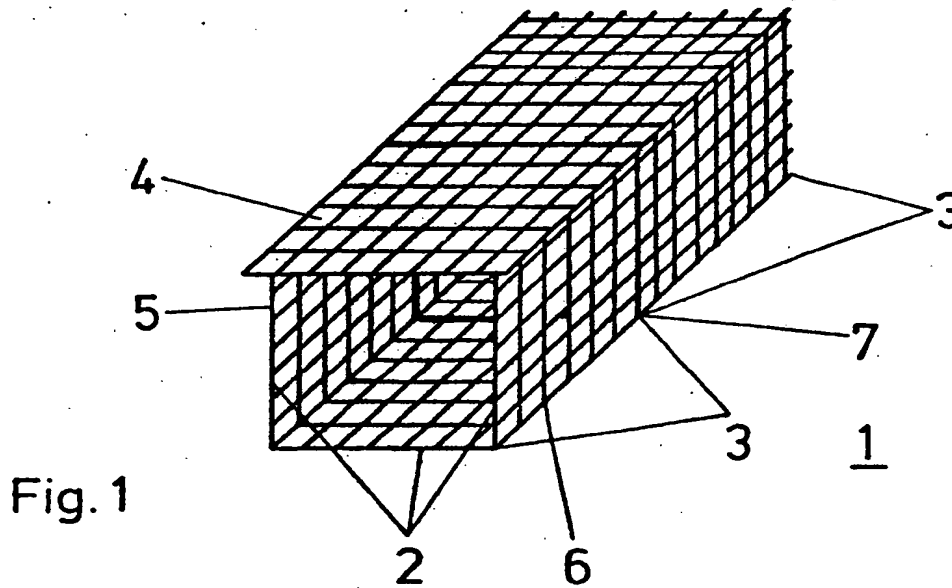


Fig. 1

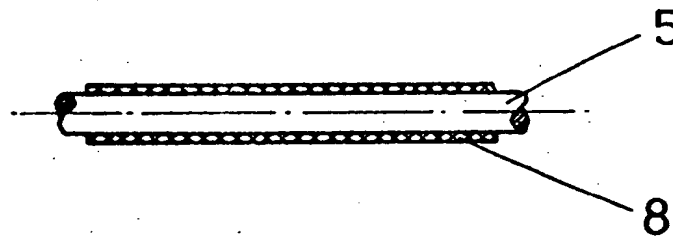


Fig. 2

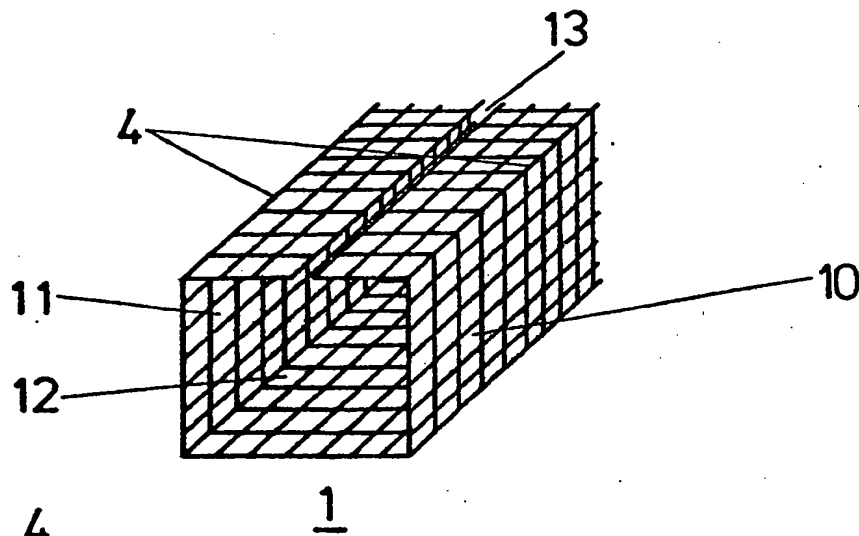


Fig. 4

809837/0388

Mp.-Nr. 528/77

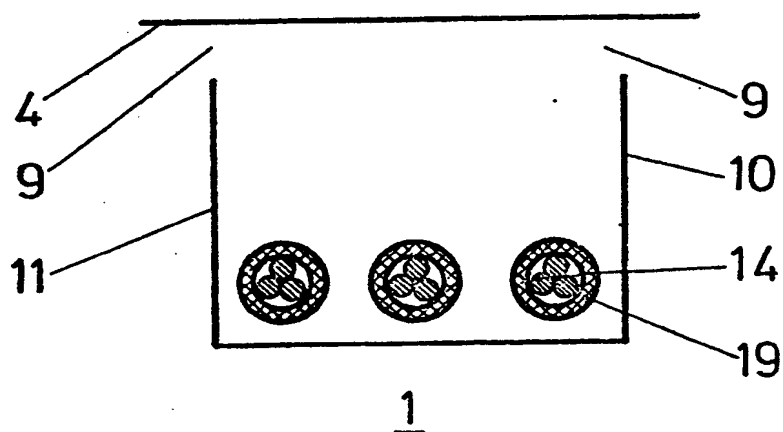


Fig. 3

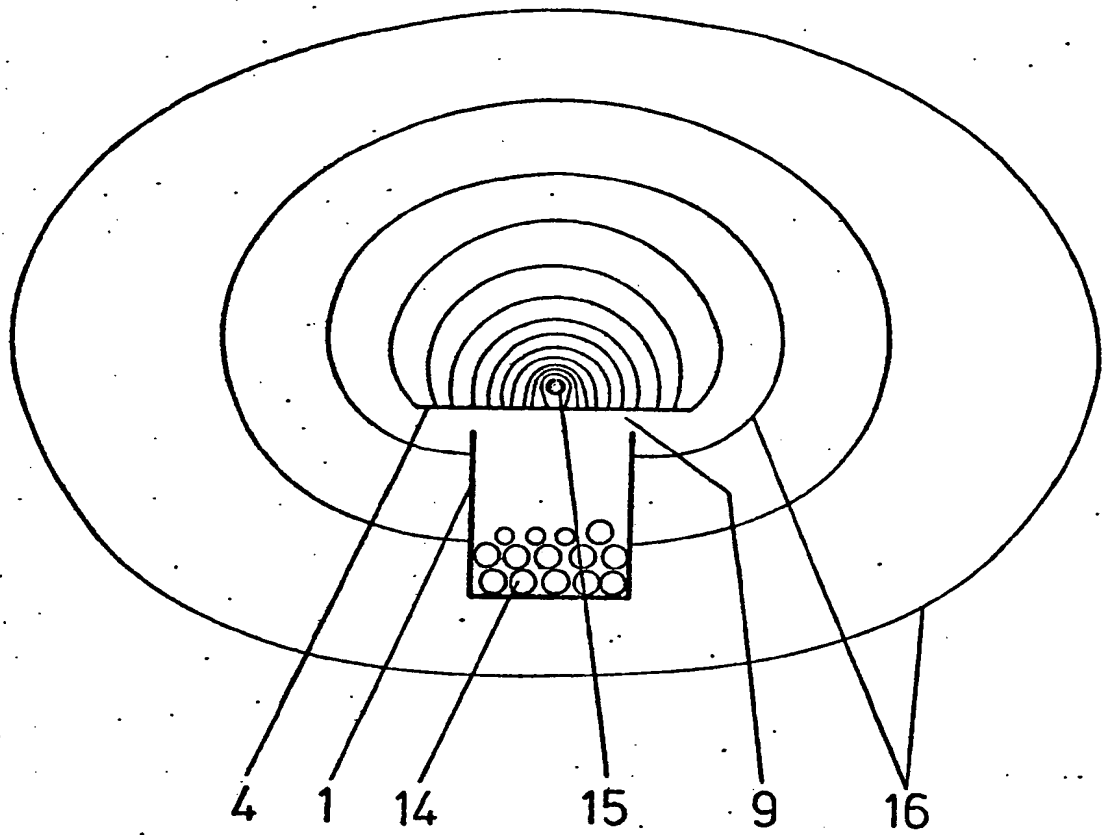
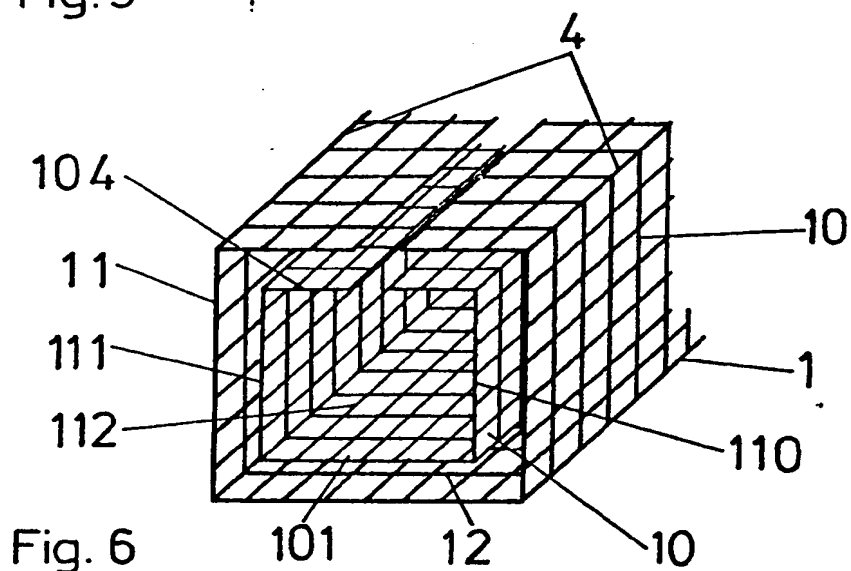
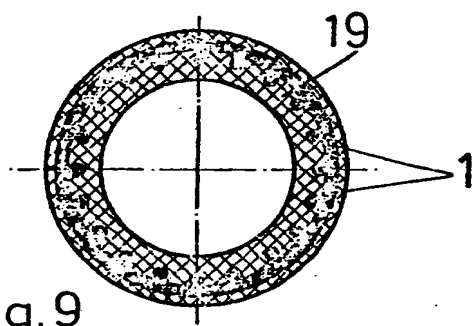
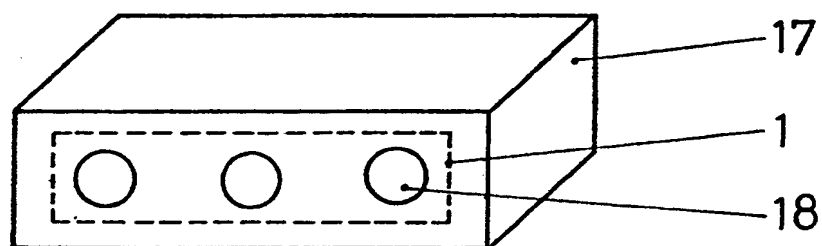
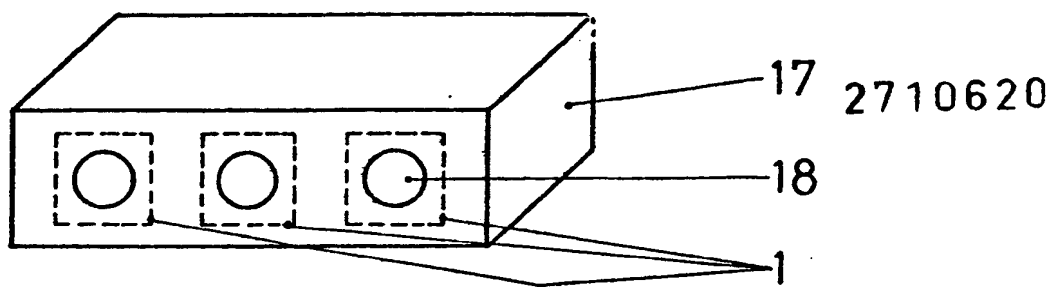


Fig. 5



809837/0388

- 1 -

**BROWN, BOVERI & CIE - AKTIENGESELLSCHAFT
MANNHEIM**

BBC
BROWN BOVERI

Mp.-No. 528.77

Mannheim, 8 March 1977
ZFE/P1-Kr/Bt

Claims

1. Protection system for low-current cables to be laid in the ground, characterised by a cage (1) of ferromagnetic material for accommodating the cables (14), the cage (1) being encased on all sides by an anti-corrosion protection (8).
2. Protection system as claimed in claim 1, characterised in that the cage (1) is U-shaped and is open at the ends.
3. Protection system as claimed in claim 1 and 2, characterised in that pieces of netting (3) made of ferromagnetic material form the U-shape and the flat top cover (4) of the cage (1) and the individual bars (5) of the netting (3) are joined to one another so as to be electrically conductive at the intersection points (6).
4. Protection system as claimed in claims 1 to 3, characterised in that the individual bars (5) at the joining point (7) of two pieces of netting (3) are connected so as to be electrically conductive in the longitudinal direction or insulated from one another.
5. Protection system as claimed in one of the preceding claims

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 2 -

- 1 to 4, characterised in that the netting (3) is coated with bitumen.
6. Protection system as claimed in claims 1, 2, 3, 4 and 5, characterised in that the two side faces (10 and 11) of the cage (1) are made longer and bent over to form a top cover (4).
7. Protection system as claimed in claims 1 to 6, characterised in that the cage material has a relative permeability greater than 1.
8. Protection system as claimed in claim 1, characterised in that a second U-shaped cage (101) is placed inside the first U-shaped cage (1), the two cages (1, 101) are provided with top covers (4 and 104), cage (101) is encased in an insulating anti-corrosion protective layer and the outer cage (1) is interconnected so as to be electrically conductive and is encased in a conductive anti-corrosion protective coating.

THIS PAGE IS A COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BROWN, BOVERI & CIE - AKTIENGESELLSCHAFT
MANNHEIM

BBC
BROWN BOVERI

Mp.-No. 528.77

Mannheim, 8 March 1977
ZFE/P1-Kr/Bt

Protection system

The invention relates to a protection system for low-current cables to be laid underground.

Such protection systems are used in situations where specialist cables or telecommunications cables to be laid underground need to be protected from a strong magnetic field or high induction.

Such magnetic fields are generated perpendicular to the longitudinal direction of power cables whenever they are exposed to strong current. If these power cables are laid parallel with low-current cables or telecommunications cables, the latter fall within the range of influence of the magnetic fields. Extremely strong currents are applied to power cables when struck by lightning, for example, due to sharp local increases in potential. In practical terms, the resultant induction causes a high degree of stress to the cable shield of low-current cables or telecommunications cables. It is therefore standard practice to provide these cables with one or more additional cables, which are earthed at their ends. These additional cables reduce

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 4 -

induction at the location of the low-current cable.

In the case of power stations and large industrial plants, this approach is of limited value because an extensive, close-meshed earth network is located in the ground, the impedance of which is very low. The shielding effect of additional cables against magnetic fields is low because they are generally made from copper and their relative permeability is therefore $\mu = 1$. Even if a balancing current is applied between two buildings, the effect of using additional cables will depend on the impedance of the earth network in the ground.

Another known approach to protecting low-current cables from high induction is to provide a reinforced cable shield, which is earthed at both end points. However, it has been found that when using reinforced cable shields earthed at both ends, the current-carrying capacity of the cable is limited nevertheless and damage can not be ruled out. Furthermore, it has been found in practice that using cable shielding earthed at one end only has no effect in terms of strengthening the cable shield.

In individual situations, one approach has been to lay the cables in conductive pipes earthed at both ends. Laying cables in such pipes is very expensive and therefore not practicable for large plants.

The underlying objective of the invention is to propose a protection system which keeps induction away from low-current cables laid in the ground. The protection system should be such that it is also capable of protecting a plurality of cables

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 5 -

simultaneously.

This objective is achieved by the invention by using a cage made of ferromagnetic material to accommodate the cables, the cage being encased on all sides by an anti-corrosion protection. The cage is advantageously U-shaped. The cables can be easily and rapidly accommodated during laying. The external faces and top covers of the cage are provided in the form of pieces of netting made from ferromagnetic material. Every individual net is bent to form a U-shaped cage. The U-shaped cages are then placed one against, end on end, in the usual manner. The individual bars of the netting are joined to one another at the intersection points to provide good electrical conduction. At the joining points between two pieces of netting, the individual bars are either joined to one another so as to be electrically conductive or insulated from one another. In addition, every individual bar of a net is encased in an anti-corrosion protection, for example of bitumen, plastic, red lead, concrete or lead. The entire length of the cage has a top cover of flat netting made from ferromagnetic material. Another possibility is to make the side faces of the cage longer and bend them inwards to produce a top cover. Advantageously, the cage has a material filling coefficient of less than 1. The cage material must always be selected so that its relative permeability μ is greater than 1. In situations where very strong interference fields occur, it is of advantage to use a double cage of ferromagnetic material. This being the case the inner cage is encased in an insulating anti-corrosion protection. The outer cage may be interconnected so as to be electrically conductive and may be provided with an anti-corrosion protective layer.

ST9212 244A-10 3304 0177

THIS PAGE BLANK (USPTO)

The invention will be explained in more detail with reference to the appended drawings. Of these:

- Fig. 1 shows a U-shaped cage made using flat pieces of netting as a top cover
- Fig. 2 illustrates an individual bar of the netting,
- Fig. 3 shows a cross section through the cage illustrated in Fig. 1, with cables disposed in the interior,
- Fig. 4 shows a U-shaped cage, the side faces of which are made longer and bent inwards,
- Fig. 5 illustrates the magnetic field around a cage,
- Fig. 6 illustrates two cages placed one inside the other,
- Fig. 7 illustrates a cable-drawing block,
- Fig. 8 shows a different embodiment of the cable-drawing block illustrated in Figure 7,
- Fig. 9 shows a cable-drawing pipe made from plastics.

Figure 1 illustrate a cage 1 used as a protection system. It is U-shaped. Its external faces 2 are provided in the form of pieces of netting 3 made from ferromagnetic material, Its top covers 4 are flat pieces of netting or netting-type plates of ferromagnetic material. The netting pieces 3 may be woven mats of structural steel, plug metal, perforated plate of ferromagnetic material. The mesh width of the netting 3 must be adapted to the respective conditions prevailing at the location where the cabling is to be laid. The individual bars 5 of the netting 3 are joined to one another at their intersection points 6 so as to be good electrical conductors. At the joining points 7 between two pieces of netting 3, the individual bars 5 of both pieces of netting may be joined to one another so as to be totally or

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 7 -

partially electrically conductive or are insulated from one another.

Since ferromagnetic material such as construction steel is susceptible to the effects of chemical and electrochemical corrosion when laid in the ground, the surface of the cage 1 must be protected. For this reason, all individual bars 5 of the pieces of netting 3 are totally encased in a protective coating 8, as illustrated in Fig. 2. Materials which may be considered in order to provide protection against corrosion include, for example, protective coatings of bitumen, plastic, red lead, concrete and lead. The intersection points 6 between the individual bars 5 are also completely encased in such anti-corrosion protection 8. The joining points 7 may be such that they are "in contact with earth", e.g. by means of tin-plated copper cable connections.

As explained above, the top covers 4 of the cage 1 are flat pieces of netting or net-like plates of ferromagnetic material. Like the netting 3, they are also encased in a protective coating 8. The top covers need only be placed on top of the cage 1. There is no need to provide a fixed connection between the top covers 4 and the cage 1, such as welding. Similarly, the top covers 4 do not need to be in close contact with the cage 1 in order for the protection system to operate at its optimum effect. The shielding effect of the cage 1 is not lost if a gap 9 left between it and the top covers 4 is not filled with ferromagnetic material, as illustrated in Figure 3.

10720 AMALIE 30AS 2017

An adequate top cover 4 for the cage 1 can also be obtained by making the side faces 10 and 11 of the cage 1 longer and bending

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 8 -

them over the top of the cavity 12. This being the case, it is not necessary for the two side faces 10 and 11 to overlap with one another, as illustrated in Figure 4. The shielding effect of the cage 1 will not be lost if a gap 13 left between the two side faces 10 and 11 used as a top cover 4 is not filled with ferromagnetic material. By using ferromagnetic material for the cage 1, the field lines of the disruptive magnetic fields in it are so concentrated that the stray field at the gaps 9 and 13 are low enough to obviate the need for the cage 1 to be completely closed.

The length of the cage 1 is dimensioned so that it terminates short of every building from which the cables 14 are fed in and out. The cage 1 is open at these ends. A conductive connection between the buildings and the cage is not necessary and in fact is undesirable. In many instances, isolation offers an advantage insofar as there are no balancing currents flowing in the longitudinal direction of the ferromagnetic material. These balancing currents can cause the material to reach saturation, as a result of which the relative permeability of the material would be $\mu = 1$. The ferromagnetic property of the cage material would then be lost and the cage would no longer have the property of being able to provide a shield against an external magnetic field.

In order to lay the cables 14, the U-shaped cage 1 is firstly placed in the excavation in the ground specifically prepared for it. The cables 14 are then laid in the cage 1, which is closed off by the flat pieces of netting. Once this procedure has been completed, the excavation, with the cage and cables in it, can be

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 9 -

backfilled with earth.

The shielding action of the cage 1 against external magnetic fields is illustrated in Figure 5. An earth cable 15, illustrated in cross section, is laid parallel with the cage 1 for example, also illustrated in cross-section. Both the cage 1 and the earth cable are laid in the ground between two buildings, between which power cables also have to be laid. Disposed inside the cage 1 are several cables 14, which may in turn be additionally disposed inside protective cable pipes. In the event of lightning strikes, high increases in potential occur at the points of the strike compared with the rest of the area. As a result of this high potential difference, a very high balancing current starts to flow along the earth cable 15. This current produces a magnetic field 16, which spreads perpendicular to the earth cable 15. As illustrated in Figure 5, the shielding effect of the cage 1 prevents the magnetic field 16 from penetrating the cable perpendicularly and applying current to it. As explained above, the field lines of the magnetic field 16 are concentrated in the ferromagnetic materials and kept away from the cables 14. As also illustrated in Figure 5, a gap 9 between the cage 1 and its top cover 4 does not adversely affect the screening action of the protection system. The field lines of the magnetic field 16 are concentrated in the ferromagnetic material of the top cover 4 to such a high degree that the gap 9 is completely shielded.

If the disruptive fields are particularly strong, it is of advantage to use more than one cage, as illustrated in Fig. 6. For practical purposes, the two cages 1 and 101 are of the same design as the cage 1 illustrated in Fig. 4. Cage 101 with the smaller external dimensions is placed inside the bigger cage 1.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 10 -

The cables 14 to be laid in the ground are placed in the innermost cage 101. The longer side faces 10 and 11, respectively 110 and 111, again form the top covers 4, respectively 104, for the cages 1 and 101. In this arrangement, the outer cage 1 may be interconnected so as to be electrically conductive and may be provided with a conductive, anti-corrosion protective coating. The inner cage 101 is preferably insulated with bitumen.

If using cable-drawing blocks 17, it is of practical advantage to place the cage 1 inside a cable-drawing block 17. Placing the cage 1 inside a cable-drawing block 17 offers the possibility of encasing each of the pipes 18 of the cable-drawing block 17 in a cage 1 as illustrated in Figure 7 or, as illustrated in Fig. 8, providing a common cage for all pipes 18.

A cage 1 placed in the interior of a cable-drawing block 17 is of the same structure as the cage 1 illustrated in Figure 4. Its size and shape merely have to be adapted to the size and shape of the cable-drawing block 17. An anti-corrosion coating can be dispensed with for the cage arranged inside the cable-drawing block 17.

Another option is to place the cage 1 inside of the outer face of an insulation pipe 19. In the case of the PVC insulation pipe 19 illustrated in Fig. 9, the cage 1 is bent to form a cylinder and can then be integrated in the casing surface of the insulation pipe 19 so that it is encased in plastic from both sides. The cage 1 used in this case is also made from ferromagnetic material.

The shape of the cage 1 is not restricted to the embodiments

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 11 -

described here. It may be varied as required and adapted to suit the structural circumstances. The same also applies to the size of the cage.

THIS PAGE IS A REPRODUCTION OF THE ORIGINAL

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES *07920 1341 17 3046 2447*

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)